

イタリア大理石の地質的背景

グラツィエッラ カプラレリ¹⁾・石原舜三²⁾

まえがき

大理石は古代から地中海沿岸諸国で広く用いられ、多くの豪華な文化的遺産として残った。アクロポリスの丘のバルテノン宮殿やフィレンツェのロダンの石彫、考える人、などがすぐに頭に浮ぶ。新しくはバチカンの宮殿(写真1)がある。地中海諸国のなかでも大理石と言えばイタリアである。大理石は石灰岩と共に全国各地で切出し、用いられている。またそれらが溶けて再沈澱して生じたトラバーチンも利用されている(写真2)。日本は大理石の大部分をイタリアから輸入し、昨年の統計によると原石の実に72%、板材の56%がイタリアからの購入である。

大理石(marble)とは熱や圧力で完全に再結晶した石灰岩(limestone)のことである。化学的には CaCO_3 、鉱物は六方晶系の方解石である。 CaCO_3 には、そのほか同種異像(斜方晶系)としてのあられ石がある。純粋な大理石は真白であり、イタリア産ではカララ産のものが純粋に近い。

石灰岩はもともとは珊瑚礁の石灰質生物の遺骸群集である。したがって若干の不純物と一緒に沈積しており、それがいろいろな色を生む原因となる。石灰岩は、また、断層で切られたり、陸化後の空洞化とその崩落などにより、破碎や角礫化をうけて各種の興味深い組織を生む原因となる。

石灰岩や大理石は以上の様な原因で出来ているために、場所によって色調や組織が違う特色を有する。また再結晶度も厳密には異なり、生の石灰岩と大理石の間に一線を引きにくい場合もある。商業的には石灰岩も大理石に含め、それぞれに外観や産地に基づく名称を与え(写真3)、取引されている。ローマ近郊で産するトラバーチンは、石灰岩が湧水、地下水などで溶けて移動噴出し、再沈澱したもので、大理石や石灰岩とは異質の炭酸塩岩であるのでここには含めない。

イタリアの主要な大理石産地は、北部のカララ(白)、

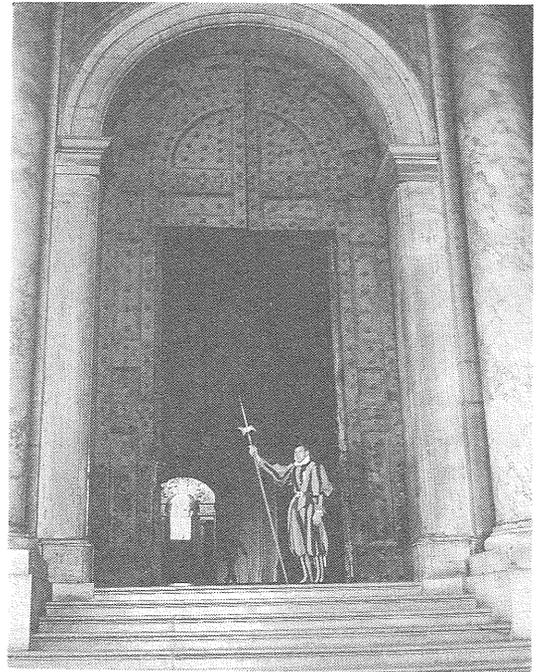


写真1 各種の大理石、石灰岩から16世紀に造られたバチカン宮殿の正面とスイスガード(1964年8月撮影)

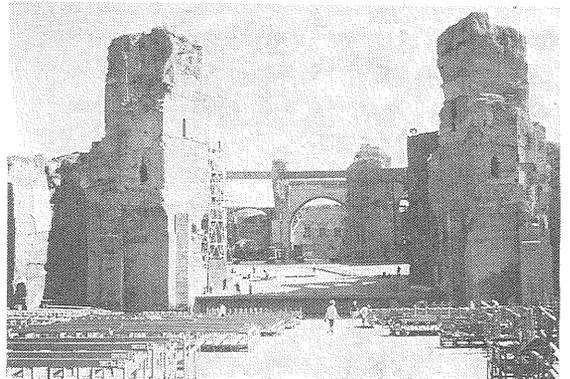


写真2 トラバーチンで作られたローマのカラカラ浴場(1964年8月撮影)

1) 地質調査所 地殻化学部 STA フェロー(1990.3-1992.3)
2) 工業技術院

キーワード: イタリア, 大理石, 石灰岩, アルプス造山帯, カララ

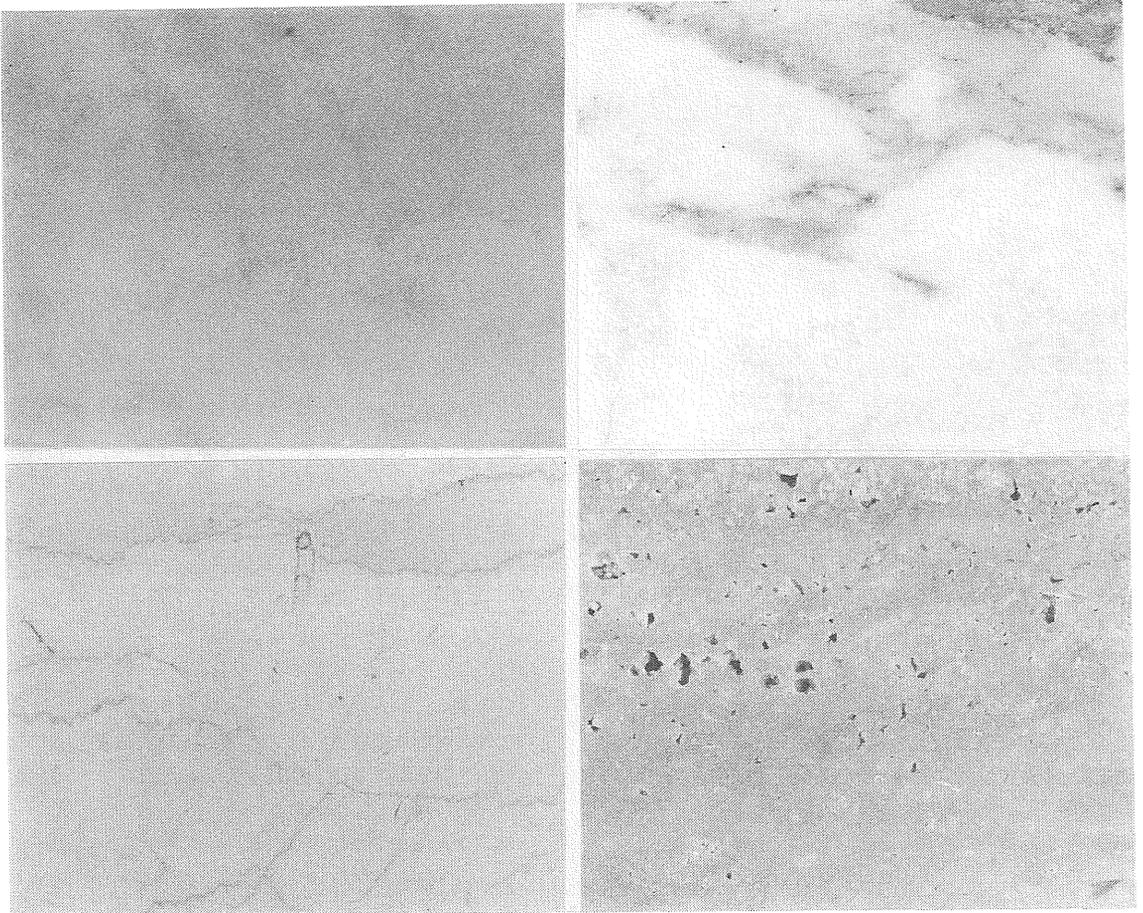


写真3 イタリア産の“大理石”の種類(等倍)。ビアンコ・カララ(左上)とアラベスカート(右上)は本物の大理石。ベルリーノ(左下)は微晶質石灰岩。トラバーチンロマーノ(右下)はトラバーチンで圧密化を受けていないので空隙がある点に注目。

ペロナ(淡赤〜ベージュ)、南部のトラニ(本目ベージュ)と言われているが(山岸, 1991)、採石場は歴史時代を含めるとほぼ全国に及ぶ。ここではイタリアがその様な大理石多産地帯となった地質的背景と、現在の採石量からみて主要な5地域の石灰岩、大理石について解説してみたい。

地質の概要

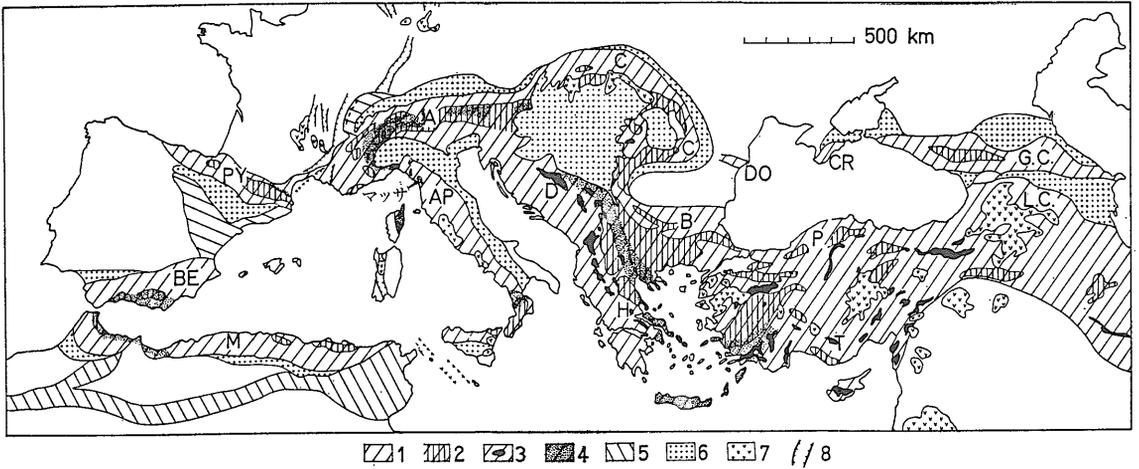
イタリアは地中海に位置するが、その様な大地に閉じ込められた海が生じた原因はアルプス造山運動にある。アルプス造山帯は第1図に示すように、コーカサス、トルコからイタリアを通過してジブラルタルへ続き、500-1000kmの延長を持つ地質的に弧状の地帯である。この造山帯は南北2列の配列を持ち、北帯は大・小コーカサス、ポンチード(トルコ)、バルカン、カルパチア、アル

プス、ピレネーへと続き、南列はトルコ南部からギリシヤ、ユーゴスラビア、イタリア(アペニン帯)を通過して北アフリカへ連続する。両帯の間には、先アルプス期の基盤岩類が現われることが多い。

アルプス造山運動は中生代末期-新生代初期のアフリカ大陸の北上によるユーラシア大陸との衝突現象としてみることができる。消滅した海はテチス海と呼ばれているが、現在より南方の熱帯地帯に浅海として広く発達しており、そのため、リーフ珊瑚礁やそれから碎屑した石灰質堆積物が主体(第2図、写真4)であった。

イタリア半島が属するアペニン帯では北部、南部などの一部に変成岩類と基盤岩類が露出し、中央西部はアルプス褶曲帯、その北東側はアルプス造山帯の前縁に堆積したモラッセ堆積物に覆われる。西側の一部にはアルカリ岩を主とする火山岩類が噴出する(第1図)。

アペニン帯の構成岩類は、下部が三畳紀あるいはジュ



第1図 アルプス造山帯の分布 (Lemoine, 1978). 東から西へ北帯: G. C. 大コーカサス, L. C. 小コーカサス, C. R. クリミア, P. ポンチード, B. バルカン, C. カルパチア, A. アルプス, P. Y. ビレネー, 南帯: T. タウリード, H. ヘレニード, D. ディナリード, A. P. アペニン, M. マクレビード, B. E. ベティード, 1. アルプス褶曲帯, 2. 基盤岩類, 3. オフィオライト, 4. 白亜紀—第三紀変成岩類, 5. クラトン周縁部, 6. モラッセ堆積盆, 7. 新生代後期火山岩類

ラ紀初期の炭酸塩岩類, 上部はジュラ紀中部—白亜紀の遠洋性 (pelagic) 堆積物 (遠洋性石灰岩, マール, 放散虫チャート), または浅海性 (neritic) 堆積物 (魚卵状石灰岩, 化石碎屑性石灰岩, 塊状石灰岩) からなる (第3図). 両者は場所的にも異って分布し, 遠洋性堆積物はイタリア中北部のトスカニ, マルチェ, ウンブリア, 浅海性堆積物は中南部のアブルツィ, ラチウム, カムパニア, ルカニア地方に分布し, 両地域は北東—南西系のアンコナーアンツィオ構造線で分けられる. アペニン帯の炭酸塩岩は全体的に2—3 kmの厚さを持っている.

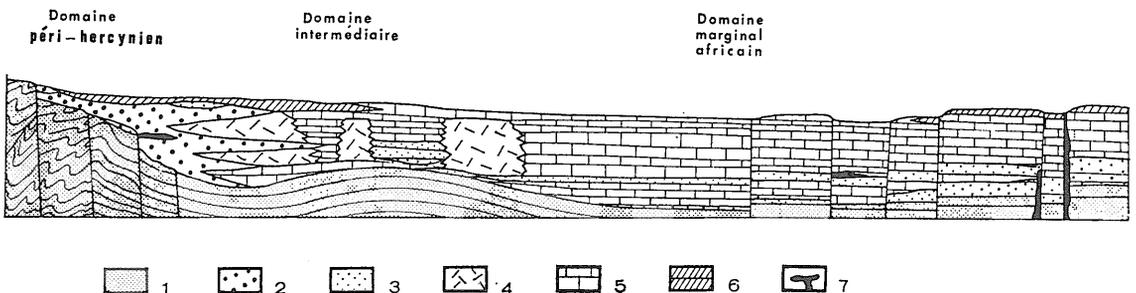
主要な大理石産地

イタリアの地質図によると, 大理石採石場は各地に分布しているが, ここでは, 採石量からみて代表的な下記

の5産地を取上げてみたい.

1) カルニア地方のモンテカパリーノ—アムペツォ地域
これはベニスの北方, 南アルプス造山区に属す (第4図.1). この地域の構成岩類は下位から下部オルドビス紀千枚岩類, 同じく下部古生界のリーフと遠洋性石灰岩, 頁岩, マール起源の弱変成岩類, 石炭—二畳紀の砂泥フリッシュ, 頁岩, 凝灰岩, スピライト, 礫岩, 石灰岩, 二畳—白亜紀の石灰岩, マール, 礫岩, 少量のエバポライト, 火山岩であり, 主な採石層準はデボン紀と上部ジュラ系の2層準である. 製品は主に石灰岩と言うべきものである.

デボン系にはブンデーパエンデルカルクとリーフパエンデルカルクの2層準があり, 共に弱変成石灰岩で, 再結晶方解石が黄鉄鉱細脈に切られる. 商品としてはグレー系が主体で, ピンク, 黒などもあり, Grigio Carnico



第2図 二畳紀テチス海の復元南北断面図 (Lemoine, 1978). 1. 基盤岩類, 2. 粗粒碎屑物, 3. 細粒碎屑物, 4. リーフ石灰岩, 5. 層状石灰岩, 6. 苦灰岩, 7. 溶岩類. 石灰質岩に非常に富む点に注目.



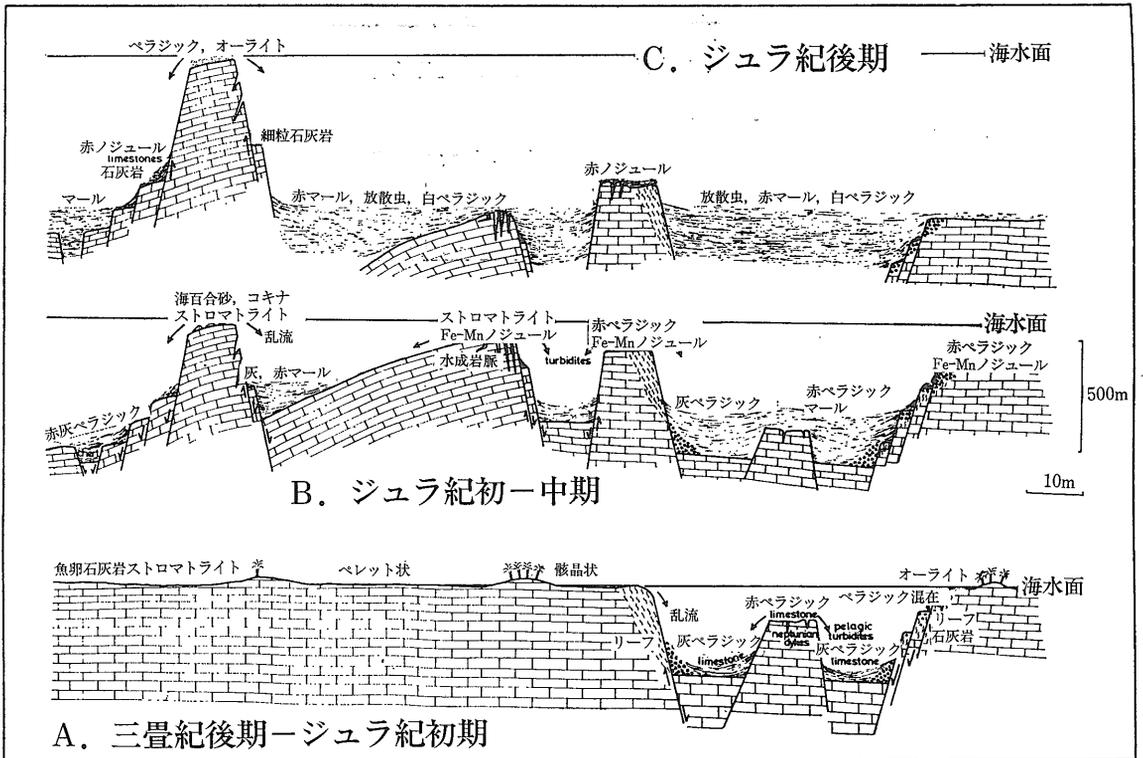
写真4 アルプス褶曲帯の炭酸塩岩が示す特徴的地形。浸食から残り、しばしばこの様なメサ地形を示す(1964年8月スイス南部にて)。

(カルニアグレー), Fior di Pesco Carnico (カルニアの桃の花), Nero Fiorito (黒い花), Nero Timau (チマウの黒) などがある。これらの物理化学的性質を第1表に示す。

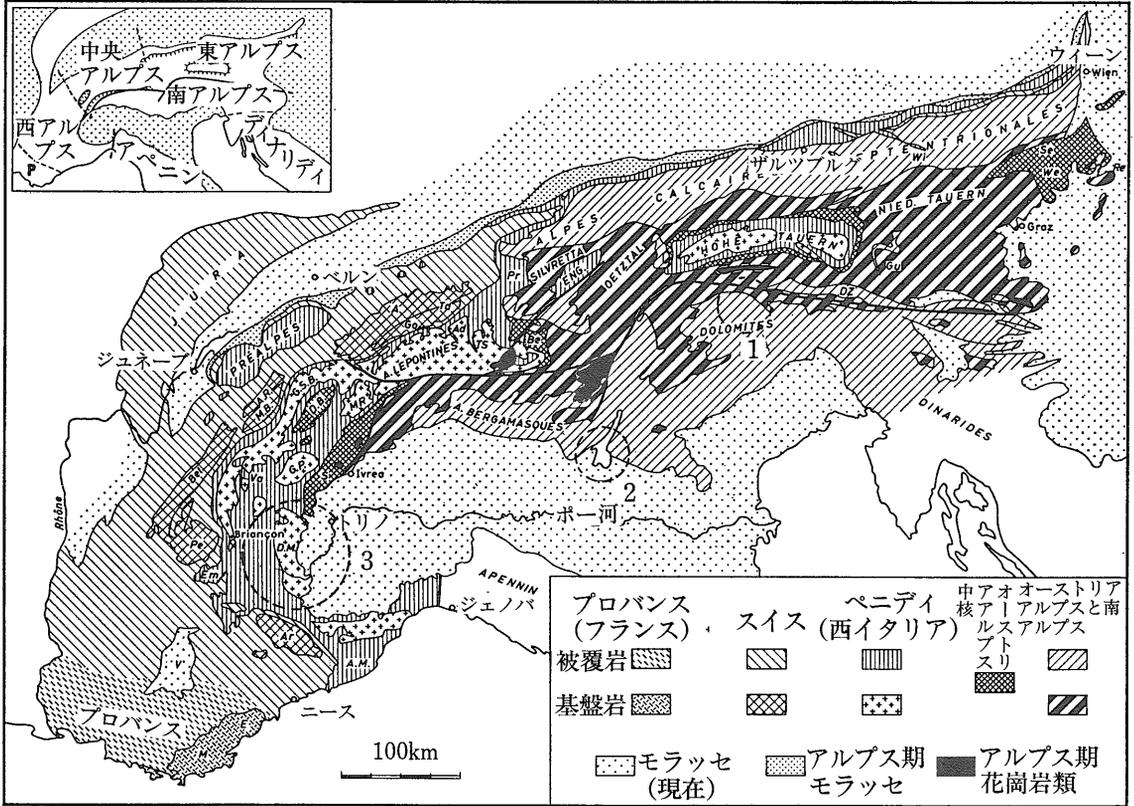
一方、上部ジュラ系からはRosso Ammonitico Veneto 層から採掘されている。これはその名の通り著しくアンモナイトなどの化石に富み、かつ赤色のノジュール状石灰岩、暗赤色のマール状石灰岩に卓越し、灰色の層状石灰岩や砂質石灰岩の夾みを持つものである。赤いノジュール状の結晶質石灰岩からは Noce Radica (くるみ木肌), Bruno Vermiglio (暗い辰砂), Porfirico Florito (花斑点, 暗赤色地に方解石細脈入り), Porfirico Bruno (茶斑点, 暗赤褐色地に海百合斑点), Mandorlato (アルマンディン, 淡褐色) が得られている。

2) シオープレシアーベシエラ・デル・ガルダーベロナ地域(第4図, 2)

ガルダ湖に近いこの地域も南アルプス区に属し、褶曲した堆積岩類からなる。地層は下位から先二疊紀千枚岩類、二疊紀砂岩、二疊紀後期-三疊紀中期石灰岩類および三疊紀後期-漸新世後期の Veneto 統である。Veneto 統も苦灰岩、灰色石灰岩、オーライト、赤色石灰岩、赤色頁岩、砂質石灰岩、砂岩などからなる整合的な地層で



第3図 アペニン帯の中生代の海の復元図 (Lemoine, 1978)。垂直方向に40倍拡大表現。



第4図 アルプスの地質構造図 (Lemoine, 1978). 円に1~3が解説する大理石産地 (本文参照).

第1表 モンテカバリノームベツオ地域石灰岩, 大理石の物理化学的性質. Braga ら (1971)

石材名称	採石場	比重	吸水率		最大圧縮強度		化学成分(%)		
			容量 g/cm ³	重量	自然状態	凍結後	CaCO ₃	MgCO ₃	残渣
Flor di Pesco	Avanza (Forni Avoltri)	2.75	0.00218	0.00017	1,328	988	97.67	1.44	0.39
Flor di Pesco	Zoccas (Forni Avoltri)	2.75	0.00161	0.00058	1,400	1,150	97.97	0.98	0.51
Flor di Pesco	Bordaglia (Forni Avoltri)	2.71	0.00212	0.00078	1,165	928	97.31	0.56	1.51
Grigio Carnico	Bordaglia	2.72	0.00693	0.00255	—	—	96.13	0.20	2.92
Grigio Carnico	Pè di Plans	2.74	0.00085	0.00031	1,300	970	98.04	0.00	1.27
Grigio Carnico	Naguscel	2.73	0.00084	0.00031	1,060	1,360	97.01	1.88	0.58
Grigio Carnico	Cercen (Collina)	2.75	0.00064	0.00023	1,200	1,080	99.02	0.00	0.38
Grigio Carnico	P. M. Croce Carnico	2.78	0.00129	0.00046	930	1,163	98.55	1.04	0.01
Grigio Carnico	Tornanti (Timau)	2.71	0.00069	0.00025	1,250	1,379	97.17	1.46	1.03
Porfirico Florito	M. Verzegnis	2.71	0.00224	0.00090	905	1,235	96.20	0.58	1.52
Mandorlato	M. Verzegnis	2.72	0.00209	0.00076	1,070	1,300	97.36	0.00	1.24
Noce Radica	M. Verzegnis	2.71	0.01641	0.00604	1,390	990	91.19	1.42	4.66
Nero Timau	Bosco Val Collina (Timau)	2.72	0.00136	0.00050	1,100	974	98.59	微量	0.74
Nero Florito	Bosco Val Collina	2.74	0.00048	0.00017	1,005	818	96.19	1.52	1.76

ある。大理石は Venato 統の多数の層準から採掘されているが、ここも厳密には石灰岩である。

Grigio Perla (真珠グレー)：上部三畳紀ドロシア層の白色大理石で、しばしば暗色斑点やブルーサイト細脈を伴う。

Botticino (写真4)：産地の村名に由来し、上部とほぼ同じ層準からの淡灰色～象牙黄色、絹雲母細脈を持つ石灰岩である。化学組成は 54.78% CaO, 43.97% CO₂, 密度は 2.68, 最大圧縮強度は 1,200-1,500kg/cm² である。一部で角礫化し、コーヒー褐色の地に赤, 黄, 緑の斑点を持つ Breccia Aurora を生ずる。この岩石は 0.36% Fe₂O₃ を含み、着色の原因はこの酸化鉄にあると考えられる。

その上位のジュラ紀 Calcarei di grigi di Noriglio 層からは次の3者が得られる。

Grigio Oniciato di San Vitale：灰色～ピンク、繊維状方解石を含み、オニックス系で、最大圧縮強度も 912 kg/cm² と小さい。Occhi di Pernice：灰, 黄赤色の腕足貝テレブラチュラに富む石灰岩。最大圧縮強度も 460 kg/cm² で小さい。Nero di Rovere：黒灰色石灰岩。

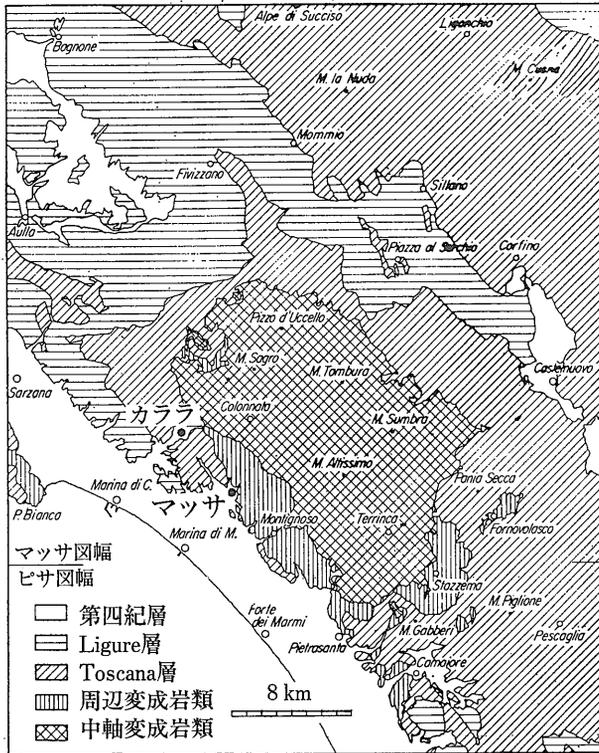
その上位、同じくジュラ紀の Ooliti di San Vigilio 層からは Bronzetto (小さなブロンズ) と呼ばれる灰～黄色の石灰岩が得られる。これは層厚も 20m 以上、引張り強度も大きく (1,300kg/cm²), 良質である。色によって更にいくつもの商品名に細分される。さらに上位の中一上部ジュラ系の Rosso Ammonitico Veneto 層からも次の各種が産出する。

Verdello：淡緑色石灰岩, 黄色斑点あり。最大圧縮強度 1,449kg/cm²。

Rosso di Fondo (基本的な赤色)：赤色石灰岩。



写真5 上：細雲母細脈が画く波紋や化石の姿が美しい微晶質石灰岩, Botticino (等倍)。下：堆積時のラミネーションが美しい微晶質石灰岩, Serpeggiante, 南イタリア産 (等倍)。



第5図 マッサ付近の地質図 (Trevisan ら 1971)。中央の中軸変成岩類が最良の大理石を産する。

Rosso Brocato (プロカト赤)：アンモナイト化石やノジュールを含む赤色石灰岩。最大圧縮強度 1,250kg/cm²。

Brocatello Forte (硬い小さいプロカト)：茶～赤色石灰岩。最大圧縮強度 650kg/cm²

Lastre del Brocatello (小さなプロカト)：茶～赤色石灰岩

Rosso Sanguigno (血の赤)：含アンモナイト暗赤色石灰岩、最大圧縮強度 900kg/cm²

Corso di Ventun' oncia (21オンスの値段)：Due Laster (2つ石)

Sengia Divisibile (分割シート), Rosa Corallo (珊瑚ピンク)

Bianco Verona (ベロナ白, 最大圧縮強度 800kg/cm²)

白亜紀層からの採掘はなく、第三紀層からは始新世中期の貨幣石などの化石を含む淡黄色にピンク斑点を持つ石灰岩(最大圧縮強度=1,000kg/cm²)が Marmi di Chiampo として販売されている。また中新世の角礫化石石灰岩からはピンク系の Rosa del Garda (最大圧縮強度=800 kg/cm²)と、同じく赤色系マトリックスに多色角礫や方解石脈を持つ Breccia Pernice (最大圧縮強度=800kg/cm²)

が得られている。

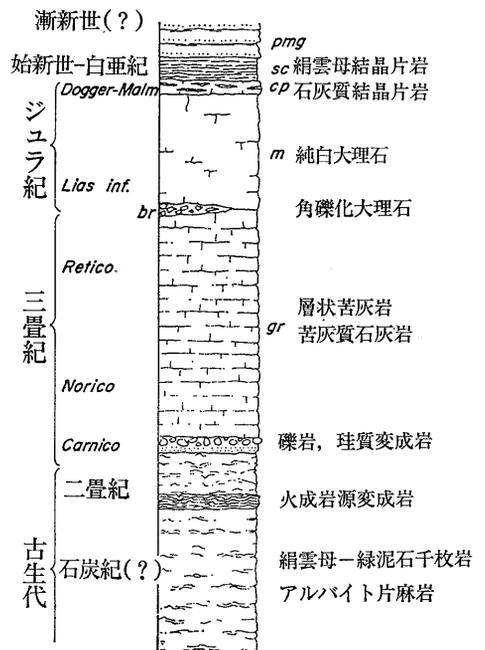
3) アルゼンテラードロネローデモンテ地域(第4図, 3)

この地域は西アルプス区のイタリア/フランス国境付近(ベンディ地方)に位置する。この地域には最も内側に基盤であるヘルシニア期変成岩類の Dora-Maira 複合体(D. M., 第4図)があって、それを取巻いて大洋地殻の変成岩類が分布し、これは Piemontese 帯と呼ばれる。これより西側のフランス側に向けて、Brianzonese 帯, Elvetica 帯などが配列する。

Dora-Maira 複合体には結晶質石灰岩、すなわち本物の大理石があって、Marmi Cipollini として知られている。これは白地にブルーの陰を持つもので、その再結晶化は変成作用によるものである。

Piemontese 帯は下部ジュラ系の石灰質結晶片岩、大理石からなる。共に頭足類などの化石に富む。その下位層の上部三畳一下部ジュラ系には含石英石灰岩や黒色大理石があって、この層準はかつて重要な大理石供給源であった。その再結晶化は全体に緑色片岩相に達する広域変成作用によるものである。

その外帯の Sub-brianzonese-Acceglio 帯は淡色の大理石層と緑泥石-白雲母大理石で特徴づけられる。その帯でも広域変成作用により大理石化が進んでいる。Elvaide(スイス)帯は三畳紀から始新世に亘る苦灰岩、石灰



第6図 マッサ地域、中軸変成岩類の柱状図

岩、大理石からなり、Bardiglio di Valdieri (ジュラ紀、多彩色大理石、最大圧縮強度 1,200kg/cm²)、Cipollino Dorato (白亜紀、黄金色大理石) などの製品が著名である。

4) マッサ地域 (第5図)

これはアペニン帯の最北部、斜塔のあるピサの北北西方約40km にあって、著名なピャンコ・カララを産する町、カララを含む。製品の多くは大理石、一部は石灰岩である。

この地域は構造的に複雑な所に当り、変成岩類が非変成岩類中に地窓時に産出する (第5図)。変成岩の周囲には非変成の Toscana 褶曲層が、更に北方周辺にはオフィオライトを夾む堆積岩層である Ligure 層が分布する。堆積岩類の時代は古生代後期から古第三紀に及ぶ。岩質は古生層は火成源、堆積岩源の変成岩類であるが、中生代以降は苦灰岩、石灰岩などの炭酸塩岩類が著しく卓越している (第6図)。

著名なカララ大理石は上記のうち Apuan 中軸変成岩類中の下部ジュラ系の Calcari Saccaroidi 層から得られる。その名の如く、これは糖品質の大理石層である。この地層からは現地では Statuario (彫像用) と呼ばれる純白もののほか、灰色、ネットワーク状のものも採れる。第二の著名な稜行層準はジュラ紀 Cipollini 大理石層であり、これは中軸変成帯のみならず、Toscana 層中にも見られる。

石灰岩の大理石化の時期はアルプス造山運動のなかで Toscana 層と Ligure 層が中軸変成帯上にのし上った時期と思われる。変成岩の絹雲母の K-Ar 年代は 11 Ma である。広域変成度は緑色片岩相までである。

5) シエナ地域

この地域はカララとローマの中間内陸部にあって、アペニン帯のなかでも構造的に複雑な所に当る。基盤は上部古生代の千枚岩と結晶片岩および三疊紀の蒸発岩であり、その上位は洞穴石灰岩と角礫化石灰岩である。局部的には各種結晶片岩と大理石も含まれる。

その上位はマッサ地域と同様の Toscana 層である。シエナの丘 (Montagnola Senese) に分布する地層は層序的には Toscana 層と同様であるが、構造運動によって著しく変成が進んでおり、別にシエナ丘層と呼ばれている。

それらは石灰質フリッシュに覆われ、また新第三紀の海成～陸成層、さらには第四紀の火山岩類にも覆われる。

シエナの著名な白大理石はシエナ丘層の、特に Marmo bianco massiccio (塊状白色大理石) 層から得られる。これは下部ジュラ系の塊状石灰岩層が変成したもので、カララの白大理石と同一層準に属する。またシエナの著

名な黄と赤大理石は、そのすぐ上位、層状晶質石灰岩から得られる。

結論

以上、世界的に著名なイタリアの大理石産地について概要を記した。大理石産地を豊富にしたのは、第一に石灰岩、苦灰岩などの炭酸塩岩類の多さである。石灰質岩はイタリアのほぼ全土を覆っていると言って過言でない。それは地中海の前身、テチス海のお陰である。

第二の要因はアルプス造山運動である。その熱と圧力によって石灰岩の再結晶化が進行し、優良な大理石に変化した。アルプス造山はイタリア付近で特に複雑で、アフリカ大陸が北へ押し上げてスイスアルプスを作ったのみでなく、第1図をみてわかる様に非常に多様な分布を示している。アルプス造山期中にアフリカ北端にあったイタリア本島は反時計廻りに回転、サルディニア島は同じく反時計廻りにヨーロッパから離れた。この様な複雑な構造運動の結果が、北イタリアのアルプス山脈直下のみでなく、カララやシエナにも高い再結晶度を生ぜしめ、大理石産地を提供したのである。

第三に長い石材利用の歴史、建造物、公共物に対するローマ人、イタリア人の考え方があがるが、これについては別の機会に記したい。

文 献

- Braga G. P., Carloni G. C., Colanioni P., Corsi M., Cremonini G., Frascari F., Locatelli D., Monesi A., Pisa G., Sassi F. P., Selli R., Vai G. B., Zirpoli G. (1971). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia (1 : 100000). Fogli 4c-13-Monte Cavallino-Ampezzo. Servizio Geologico d'Italia, Nuova Tec. Graf. Roma, 108p.
- Lemoine M. ed. (1978). Geological atlas of Alpine Europe and adjoining Alpine areas. Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam-Oxford-New York, 584p.
- Trevisan L., Dallan L., Federici P. R., Nardi R., Raggi G. (1971). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia (1 : 100000)-Foglio 96 : Massa. Servizio Geologico d'Italia, Nuova Tec. Graf. Roma, 57p.
- Trevisan L., Dallan L., Nardi R., Raggi G., Squarci P., Taffi L. (1968). Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia (1 : 100000)-Foglio 104 : Pisa. Servizio Geologico d'Italia, Polig. & Carteval. Ercolano (NA), 41p.
- 山岸良隆 (1991) : 世界をまわる石材の旅。地質ニュース 441号, p. 10-14.

CAPRARELLI Graziella and ISHIHARA Shunso (1991) : Geologic background of "Italian marbles."

<受付 : 1991年5月16日>